

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHE  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 43 34 069 A 1

(51) Int. Cl. 6:  
**A 61 B 19/00**  
F 16 M 11/24  
B 25 J 9/06

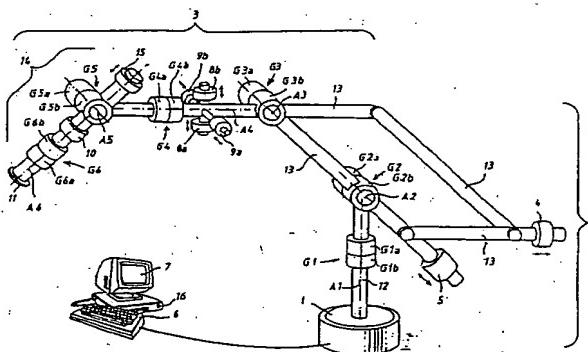
(71) Anmelder:  
Fa. Carl Zeiss, 89520 Heidenheim, DE

(61) Zusatz zu: P 43 20 443.0

(72) Erfinder:  
Schweizer, Jürgen, Dr., 73463 Westhausen, DE

(54) Ausbalancierbares Stativ

(57) Für ein mindestens teilweise automatisiert ausbalancierbares Stativ ist für mindestens eine Achse ein Steuer- oder Regelkreis vorgesehen, der den jeweiligen Gleichgewichtszustand um diese Achse erfaßt und anschließend solange drehmoment-kompensierende Mittel auf diese Achse einwirken läßt, bis ein Gleichgewichtszustand vorliegt. Zum Erfassen des Nicht-Gleichgewichts-Zustandes sind hierbei Drehwinkelsensoren vorgesehen, die die Drehbewegungen im unbalancierten Zustand erfassen.



DE 43 34 069 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02. 95 508 015/75

7/29

DE 43 34 069 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine weitere Ausgestaltung eines ausbalancierbaren Statives zu der in der Stammanmeldung P 43 20 443.0 beschriebenen Ausführungsform bzw. ein zusätzliches Ausbalancier-Verfahren.

Ein Stativ, insbesondere geeignet für den Einsatz in der Neurochirurgie, das mindestens teilweise automatisiert ausbalancierbar ist, sowie geeignete Ausbalancier-Verfahren sind in der Stammanmeldung P 43 20 443.0 der Anmelderin beschrieben. Hierbei sind bei einem ausbalancierbaren Stativ, das um ein oder mehrere Achsen beweglich ist, jeder auszubalancierenden Achse ein oder mehrere Gleichgewichts-Sensoren zugeordnet, die einen Nicht-Gleichgewichtszustand relativ zu dieser Achse erfassen können. Über einen Steuer- und/oder Regelkreis wird der jeweilige Nicht-Gleichgewichtszustand erfaßt und über drehmomentkompensierende Mittel solange auf ein oder mehrere Achsen eingewirkt, bis ein definierter Gleichgewichtszustand um diese Achse erreicht ist. Die in dieser Ausführungsform verwendeten Gleichgewichts-Sensoren erfassen Kräfte bzw. Drehmomente, die im unbalancierten Zustand an einer Achse angreifen. Hieraus wird dann die geeignete Lage von — beispielsweise — Gegengewichten berechnet, die anschließend über die Steuer- und/oder Regelkreise in die berechneten Lagen verfahren werden. Dieses Verfahren läuft innerhalb von ein oder mehreren Steuer- und/oder Regelschleifen für alle Achsen solange ab, bis sich das gesamte Stativ in einem ausbalancierten Zustand befindet.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine zusätzliche Ausführungsform zu dem in der Stammanmeldung beschriebenen ausbalancierbaren Stativ sowie entsprechende Verfahren zu dessen Betrieb zu schaffen, insbesondere den jeweiligen Nicht-Gleichgewichtszustand auf andere Art und Weise zu erfassen.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Stativ mit den Merkmalen des Anspruches 1 sowie ein Verfahren gemäß Anspruch 8.

Der vorliegende Nicht-Gleichgewichtszustand des unbalancierten Stativen wird nunmehr nicht über Kraft- oder Drehmomentsensoren erfaßt, sondern die im unbalancierten Zustand resultierenden Drehbewegungen um die einzelnen Achsen mittels Drehwinkelsensoren als Gleichgewichtssensoren detektiert. Aus den jeweils zu jeder Achse erfaßten Verfahr-Wegen innerhalb einer definierten Zeitdauer wird über ein iteratives Verfahren auf drehmomentkompensierende Mittel solange eingewirkt, bis das komplette Stativ im Gleichgewicht ist.

Neben der möglichen — teilweise oder kompletten — automatisierten Ausbalancierung des Stativen ermöglicht die vorliegende Erfindung darüberhinaus den stereotaktischen Einsatz eines derartigen Stativen. Die als Gleichgewichts-Sensoren eingesetzten Drehwinkelsensoren können hierbei auch zur Bestimmung stereotaktischer Koordinaten während Operationen herangezogen werden.

Weitere Vorteile sowie Einzelheiten des erfindungsgemäßen ausbalancierbaren Stativen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispies anhand der beiliegenden Figur.

Diese zeigt den schematisiert dargestellten Aufbau eines Ausführungsbeispies des erfindungsgemäßen Stativen inklusive einer Steuereinheit.

Der grundsätzliche Stativaufbau aus vertikaler Säule (2) und dem beweglich hierzu angeordneten, horizonta-

len Tragarm (3) entspricht weitgehend dem Aufbau des Ausführungsbeispies aus der P 43 20 443. Lediglich der horizontale Tragarm (3) ist dabei nicht als Doppelgelenk-Parallelogramm, sondern alternativ als zweiteiliger Tragarm mit Ausgleichsgewichten (8a, 8b, 9a, 9b) ausgeführt. Ferner umfaßt die in dieser Ausführungsform eingesetzte X-Y-Verschiebeeinheit (10) keine Senioreinheit, sondern lediglich eine Positioniereinheit zum transversalen Positionieren einer — nicht dargestellten — angehängten Last relativ zur Achse A6.

Das dargestellte Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Statives besteht aus einer vertikalen Säule (2), an der ein i.w. horizontaler, mehrteiliger Tragarm (3) gelenkig angeordnet ist. An einer — schematisiert dargestellten — Schnittstelle (11) des Tragarmes (3) kann als Last z. B. ein Operationsmikroskop angeordnet werden.

Die vertikale Säule (2) des ausbalancierbaren Statives weist im dargestellten Ausführungsbeispiel einen zweiteiligen Aufbau auf, bestehend aus einem vertikalen Stativfuß (12) und einem um eine horizontale Achse A2 beweglich zum Stativfuß (12) angeordneten Gelenkparallelogramm (13). Der obere Teil des vertikalen Stativfußes (12) wiederum ist um eine vertikale Achse A1 relativ zum unteren Teil, inklusive dem Fußteil (1), beweglich. Hierzu ist ein im vertikalen Stativfuß (12) integriertes Gelenkelement (G1) vorgesehen, das neben einer betätigbaren Bremse (G1a) einen Drehwinkelsensor (G1b) umfaßt.

Am Gelenkparallelogramm (13) sind weiterhin zwei motorisch in Richtung der Pfeile auf Gewinden verschiebbare Ausgleichsgewichte (4, 5) angeordnet.

In einer aufwendigeren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Statives können die aktuellen Positionen der Ausgleichsgewichte (4, 5) am Gelenkparallelogramm (13) mittels — nicht dargestellter — Lagedetektoren erfaßt werden.

Das Gelenkparallelogramm (13), bestehend aus mehreren gelenkig miteinander verbundenen Einzel-Elementen, ist des weiteren um die ebenfalls horizontal orientierte Achse A3 in sich selbst beweglich.

Am oberen Ende des Gelenkparallelogrammes (13) ist der i.w. horizontale Tragarm (3) angeordnet. Der Tragarm (3) wiederum ist um seine Längsachse, d. h. die Achse A4, beweglich und kann mittels verschiebbaren Ausgleichsgewichten (8a, 8b, 9a, 9b) um diese Achse ausbalanciert werden. Am vorderen Tragarmende ist der Schnittstellenteil (14) des Tragarmes (3) um die Achse A5 beweglich angeordnet. Der Schnittstellenteil (14) des Tragarmes (3) ist daneben noch um seine Längsachse, d. h. die Achse A6 beweglich. Zum Ausbalancieren um die Achse A5 dient ein weiteres, motorisch verschiebbares Ausgleichsgewicht (15).

Den Achsen A1—A6 des erfindungsgemäßen, automatisiert ausbalancierbaren Stativen ist jeweils eine Gelenkelement (G1, ..., G6) zugeordnet, das u. a. jeweils eine definiert betätigbare Bremse (G1a, ..., G6a) sowie jeweils mindestens einen Drehwinkelsensor (G1b, ..., G6b) umfaßt. Die definiert betätigbare Bremse (G1a, ..., G6a), beispielsweise ausgeführt als bekannte elektromotorische Bremse, ermöglicht das definierte Blockieren der Bewegung um eine Achse. Die Drehwinkelsensoren (G1b, ..., G6b) dienen zum Erfassen der Bewegung um eine Achse, wenn diese Achse noch nicht ausbalanciert ist und die Drehwinkelsensoren (G1b, ..., G6b) erfindungsgemäß als Gleichgewichts-Sensoren eingesetzt werden. Als geeignete Drehwinkelsensoren kommen handelsübliche inkrementell oder absolut ar-

beitende Winkelencoder in Betracht, wie sie etwa von der Firma HEIDENHAIN in großer Auswahl angeboten werden.

Als drehmomentkompensierende Mittel sind im dargestellten Ausführungsbeispiel verschiedenste Ausgleichsgewichte (4, 5, 8a, 8b, 9a, 9b, 15) vorgesehen.

Wie bereits angedeutet können in einer aufwendigeren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Stativen deren Positionen jeweils mittels Lagedektoren erfaßt werden; in der beschriebenen einfachen Ausführungsform ist dies jedoch nicht vorgesehen bzw. nicht erforderlich.

Die am Gelenkparallelogramm angeordneten beiden Ausgleichsgewichte (4, 5) dienen zur Ausbalancierung des Gelenkparallelogrammes um die Achsen A2 bzw. A3 und können hierzu elektromotorisch auf Gewinden entlang der Pfeile verschoben werden.

Alternativ zum Verschieben der Ausgleichsgewichte über Gewinde sind selbstverständlich auch andere Ausführungsformen möglich.

Zur Ausbalancierung des Tragarmes (3) um die Achse A4 sind entsprechend in Richtung der Pfeile verschiebbare Ausgleichsgewichte (8a, 8b, 9a, 9b) vorgesehen.

Zum Ausbalancieren um A5 dient ein weiteres motorisch verschiebbares Ausgleichsgewicht (15).

Zum automatisierten Ausbalancieren des erfindungsgemäßen Stativen ist ferner eine Steuereinheit (16) erforderlich, die im dargestellten Ausführungsbeispiel über einen Rechner mit Eingabe-Schnittstelle (6) und Display (7) softwaremäßig realisiert ist. Über das Display (7) ist die interaktive Ausbalancierung durch einen Benutzer dargestalt möglich, daß dieser laufend Instruktionen zu den erforderlichen Verfahrensschritten erhält.

Im folgenden wird nunmehr der Verfahrensablauf zum automatisierten Ausbalancieren des erfindungsgemäßen Stativen beschrieben.

Das zunächst vollständig unbalancierte Stativ wird vom Benutzer hierzu in eine Balance-Grundstellung gebracht, die etwa der Stellung in der beiliegenden Zeichnung entspricht. Hierzu schaltet die Steuereinheit (16) sämtliche betätigbare Bremsen (G1a, ..., G6a) am Stativ vorteilhafterweise auf ein reduziertes Haltemoment. Nach dem Einnehmen der Balance-Grundstellung werden dann sämtliche Bremsen wieder auf volles Haltemoment gestellt.

Im ersten Verfahrensschritt wird das erfindungsgemäße Stativ bzw. der Stativfuß (1) z. B. mit Hilfe einer Libelle im Stativfuß horizontal ausgerichtet. Dieser Verfahrensschritt ist hierbei lediglich dann erforderlich, wenn die Achse A1 ausbalanciert werden soll und kann ggf. auch entfallen.

Im nächsten Verfahrensschritt erfolgt durch Verfahren der X-Y-Verschiebeeinheit (10) das Ausbalancieren der Achse A6. Hierzu öffnet die Steuereinheit (16) kurzzeitig für eine definierte Zeitdauer T die der Achse A6 zugeordnete Bremse (G6b). Der zugehörige Encoder (G6a) des Gelenkes G6 ermittelt die erfolgte Bewegung relativ zur Achse A6. Der erfaßte Drehwinkel und die Zeitdauer T des Öffnens der Bremse (G6b) werden von der Steuereinheit (16) nunmehr dargestalt weiter verarbeitet, daß daraus der erforderliche Betrag bestimmt wird, um den die X-Y-Verschiebeeinheit verfahren werden muß. Dieser Betrag kann dabei z. B. über eine abgespeicherte Referenztabelle mit verschiedenen möglichen Parameterkombinationen der Drehwinkel und Zeitdauern T ermittelt und über einen Steuerkreis an die X-Y-Verschiebeeinheit übergeben werden.

Alternativ kann aber auch über einen Regelkreis die

X-Y-Verschiebeeinheit (10) um den erforderlichen Betrag verfahren werden.

Dieser Verfahrensschritt wird anschließend iterativ solange wiederholt, bis der Drehwinkel-Sensor (G6a) keine Bewegung relativ zur Achse A6 mehr registriert.

Anschließend wird die Achse A6 um etwa 45° vom jeweiligen Benutzer verdreht, nachdem die entsprechenden Bremsen wieder auf reduziertes Haltemoment gestellt wurden.

In einer aufwendigeren Ausführungsform mit den Achsen zugeordneten Antireiben kann dies auch automatisiert über die Steuereinheit (16) erfolgen.

Anschließend erfolgt wie im vorab beschriebenen Verfahrensschritt das Ausbalancieren um die Achse A6. Nach diesem Schritt sind die beiden Hauptträgheitsachsen der Achse A6 ausbalanciert.

Im nächsten Verfahrensschritt wird die Achse A5 automatisiert ausbalanciert. Erneut veranlaßt die Steuereinheit (16) eine kurzzeitige Öffnung der dieser Achse zugeordneten Bremse (G5a) für eine definierte Zeitdauer T. Der zugehörige Drehwinkelsensor (G5b) erfaßt die aufgrund der Unwucht erfolgte Bewegung relativ zur Achse A5 und übermittelt diesen Wert an die Steuereinheit (16). Erneut berechnet dann die Steuereinheit (16) anhand der Zeitdauer T und dem gemessenen Drehwinkel relativ zur Achse A5 den erforderlichen Verfahrtsweg für das Ausgleichsgewicht (15). Dieses wird entsprechend angesteuert und verschoben. Erneut kann dieses Verfahren wieder iterativ solange durchgeführt werden, bis ein Gleichgewichtszustand um A5 erreicht ist.

Im folgenden Verfahrensschritt wird analog zu den beiden vorab beschriebenen Verfahrensschritten die Achse A4 ausbalanciert. Dies bedeutet, daß nach dem Erfassen des Nichtgleichgewichtszustandes über den Drehwinkelsensor (G4b) des Drehgelenks G4 die Ausgleichsgewichte (8a, 8b, 9a, 9b) über Steuer- bzw. Regelkreise entsprechend verfahren werden, bis kein Verdrehen um diese Achse mehr erfolgt. Wie bereits beim Ausbalancier-Vorgang um die Achse A6 wird auch die Achse A4 in mindestens zwei, um 45° getrennten Positionen ausbalanciert.

Als nächster Verfahrensschritt wird die Achse A3 ausbalanciert, wobei das Ausgleichsgewicht (4) am Gelenkparallelogramm entsprechend verfahren wird.

Das gleiche Verfahren erfolgt nach diesem Ausbalancier-Schritt für die Achse A2 durch entsprechendes Verfahren des anderen Ausgleichsgewichtes (5) am Gelenkparallelogramm.

Nunmehr ist das komplette Stativ automatisiert ausbalanciert, wobei über die Steuereinheit (16) noch ein abschließender Gesamt-Test erfolgen kann. Hierzu wird für kurze Zeit jede Bremse kurz gelöst und registriert, ob der jeweils zugeordneten Drehwinkelsensor eine Bewegung feststellt. Sollte dies der Fall sein, so ist ein entsprechendes Einwirken der dieser Achse zugeordneten drehmomentkompensierenden Mittel erforderlich.

Das Stativ ist nunmehr vollständig ausbalanciert und kann im üblichen Einsatz verwendet werden.

Wie bereits mehrfach angedeutet kann das erfindungsgemäße Stativ auch mit Antrieben für die einzelnen Achsen ausgestattet sein, so daß der komplette Ausbalancievorgang ohne manuelles Einwirken von Bedienpersonal möglich ist.

Ferner können die als drehmoment-kompensierenden Mittel dienenden Ausgleichsgewichte mit Lagedektoren versehen sein, die ein präzises Erfassen der aktuellen Positionen ermöglichen.

Des weiteren ist es selbstverständlich möglich, nicht alle Achsen auf die beschriebene Art und Weise auszubalancieren, sondern lediglich eine Reihe gewünschter Achsen erfahrungsgemäß auszubalancieren.

## Patentansprüche

1. Ausbalancierbares Stativ gemäß Anspruch 1 der Patentanmeldung P 43 20 443.0, dadurch gekennzeichnet, daß als Gleichgewichtssensoren Drehwinkelsensoren (G1b, ..., G6b) für ein oder mehrere Achsen (A1, ..., A6) vorgesehen sind, die die Relativ-Bewegungen jeder Achse (A1, ..., A6) im unbalancierten Zustand erfassen können. 10
2. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer Achse (A1, ..., A6) eine elektromotorische Bremse (G1a, ..., G6a) zugeordnet ist, die über eine Steuereinheit (16) definiert betätigbar ist. 15
3. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (16) ferner für mindestens eine auszubalancierende Achse (A1, ..., A6) mindestens einen Steuer- oder Regelkreis enthält, der die Zeitdauer T des Öffnens der elektromotorischen Bremse (G1a, ..., G6a) sowie die dabei erfolgende Drehbewegung um die jeweilige Achse (A1, ..., A6) während dieser Zeitdauer als Ausbalancier-Stellgrößen erfaßt, daraus die erforderliche Steuer- oder Regelgröße zur Be-tätigung der drehmomentkompensierenden Mittel bestimmt und die drehmomentkompensierenden Mittel entsprechend ansteuert. 20
4. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als drehmomentkompensierendes Mittel mindestens ein motorisch ver-schiebbares Ausgleichsgewicht (4, 5, 8a, 8b, 9a, 9b, 15) vorgesehen ist. 35
5. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (16) ein Display (7) umfaßt, über welches der Benutzer Balancier-Instruktionen erhält. 40
6. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß den Ausgleichsgewichten (4, 5, 8a, 8b, 9a, 9b, 15) Lagedetektoren zugeordnet sind, die eine präzise Erfassung der Positionen der Ausgleichsgewichte (4, 5, 8a, 8b, 9a, 9b, 15) ermöglichen. 45
7. Ausbalancierbares Stativ nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sämtliche Achsen (A1, ..., A6) des Stativen mit Drehwinkelsensoren (G1b, ..., G6b) zur Bestimmung von Drehwinkel-Meßwerten ausgestattet sind und aus den Drehwinkel-Meßwerten über die Steuereinheit (16) eine Be-stimmung stereotaktischer Koordinaten möglich ist. 50
8. Verfahren zum Ausbalancieren eines Stativen gemäß Anspruch 1 der Patentanmeldung P 43 20 443.0, dadurch gekennzeichnet, daß im nicht-ausbalancierten Zustand einer oder mehrere Achsen (A1, ..., A6) des Stativen die resultierenden Drehbewegungen mittels Drehwinkelsensoren innerhalb einer definierten Zeit T erfaßt werden und die erfaßten Verstell-Bewegungen als Stellgröße für drehmoment-kompensierende Mittel innerhalb eines Steuer- und/oder Regelkreises dienen, die so lange auf die jeweilige Achse einwirken, bis ein ausbalancierter Zustand relativ zu dieser Achse vorliegt. 60
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekenn-zeichnet, daß nach Abschluß des Ausbalancierver-fahrens für sämtliche auszubalancierenden Achsen (A1, ..., A6) über die Steuereinheit (16) ein ab-schließender Gesamt-Test erfolgt, bei dem kurzzei-tig die den Achsen zugeordneten Bremsen (G1a, ..., G6a) gelöst werden und anhand noch eventuell registrierter Drehbewegungen um ein oder mehre-re Achsen (A1, ..., A6) eine entsprechende Ausba-lancierung dieser Achsen (A1, ..., A6) erfolgt. 65

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**

